



REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente

Fernando Henrique Cardoso

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Ministro

Marcus Vinicius Pratini de Moraes

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fontes de Almeida

Presidente

Alberto Duque Portugal

Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast

José Honório Accarini

Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral

Membros

Diretoria-Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal

Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari

Elza Ângela Battaggia Brito da Cunha

José Roberto Rodrigues Peres

Diretores

Embrapa Milho e Sorgo

Chefe Geral

Antônio Fernandino de Castro Bahia Filho

Chefe Adjunto de Pesquisa

Ivan Cruz

Chefe Adjunto de Administração

João Carlos Garcia

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

José Hamilton Ramalho

Cultivo do Milho Irrigado

Morethson Resende

Gonçalo Evangelista de França

Lairson Couto

Embrapa

Milho e Sorgo

Copyright © Embrapa - 2000
Embrapa Milho e Sorgo
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Telefone: 0xx31 3779-1000
Fax: 0xx31 3779-1088
www.cnpms.embrapa.br
sac@cnpms.embrapa.br

Tiragem: 1.000 exemplares

Editor: Comitê de Publicações da Embrapa Milho e Sorgo

Ivan Cruz (Presidente), Frederico Ozanan Machado Durães (Secretário), Arnaldo Ferreira da Silva, Antônio Carlos de Oliveira, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes, Paulo Afonso Viana.

Revisão: Dilermando Lúcio de Oliveira

Diagramação: Tânia Mara Assunção Barbosa

Normalização bibliográfica: Maria Tereza R. Ferreira

Coordenação Editorial: Área de Comunicação Empresarial da
Embrapa Milho e Sorgo

R433c

RESENDE, M.; GONÇALO, G.E. de; COUTO, L.
Cultivo do milho irrigado. Sete Lagoas: Embrapa
2000 Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho
e Sorgo. Circular Técnica, 6).

Milho; Irrigação; Sistema de produção; Manejo,
Grão.

CDD 633.15

Sumário

I - INTRODUÇÃO	5
II - PRÁTICAS CULTURAIS	6
Calagem	7
Adubação de plantio	9
Adubação nitrogenada em cobertura.....	11
Cultivares	12
Controle de Pragas	13
Densidade de Semeadura e Espaçamento entre linhas ...	14
Controle de Plantas Daninhas	16
III - MANEJO DE IRRIGAÇÃO	19
Método do calendário de irrigações	19
Método do balanço de água no solo	26
Uso de equipamentos	27
a)- Tensiômetro	28
b)- Tanque Classe A	30
c)- Tensiômetro e Tanque Classe A.....	30
Irrigação de plantio	32
IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

Agradecimentos

Agradecemos aos pesquisadores Décio Karam, Israel Alexandre Pereira Filho, Paulo Afonso Viana e Paulo Emílio Pereira Albuquerque as colaborações na elaboração deste trabalho.

CULTIVO DO MILHO IRRIGADO

Morethson Resende¹

Gonçalo Evangelista de França¹

Lairson Couto¹

I - INTRODUÇÃO

Grande parte dos sistemas de irrigação são projetados de forma satisfatória e as baixas produtividades normalmente obtidas nessas condições não são devido a erros de dimensionamento do equipamento e sim ao manejo inadequado da cultura e da irrigação.

As tecnologias hoje recomendadas para a cultura do milho são quase todas destinadas para condições de sequeiro, em que a expectativa de produção está em torno de 4 a 6 toneladas por hectare. O grande risco de ocorrência de veranicos leva o agricultor a investir menos em tecnologia, uma vez que não há garantia de produção estável. Com a aquisição do equipamento de irrigação, adicionam-se aos custos de produção os custos relativos ao investimento, manutenção e operação do equipamento. Porém, a disponibilidade de água deixa de ser um fator limitante, permitindo ao produtor o uso de tecnologia mais avançada, visando a obtenção de altas produtividades, o que é denominado neste trabalho de Agricultura Irrigada. Portanto, diferente de Agricultura de Sequeiro mais Água, normalmente praticada na grande maioria dos sistemas irrigados.

Um dos problemas da maioria dos produtores que utilizam irrigação em seus sistemas produtivos está na dificuldade para se conseguirem alternativas de culturas, principalmente para a época do verão. Nesse caso, a cultura do milho apresenta-se como uma das melhores alternativas, desde que a produtividade esteja acima dos custos de produção, que, segundo Resende et al. (1990a), estão em torno do valor de 5 t de grãos por hectare.

¹Eng. – Agr., Ph.D., Embrapa Milho e Sorgo Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG.

Este trabalho visa recomendar tecnologias para a obtenção de produtividades que tornem a cultura do milho economicamente viável em sistemas irrigados e preservando o meio ambiente. Experimentalmente, têm-se obtido produtividades acima de 10 t de grãos/ha. Em condições de lavoura comercial, têm-se registrado até 8,5 t de grãos/ha e, em concursos de produtividade de milho realizados pela EMATER-MG, têm-se conseguido produtividades acima de 15t/ha, em diferentes condições edafoclimáticas.

II - PRÁTICAS CULTURAIS

Considerando que a água participa com cerca de 40% do custo de produção da cultura do milho irrigado (Resende et al., 1990a), não se deve esperar redução na produtividade devido ao uso inadequado de outros fatores de produção, de custo relativamente baixo.

Como se sabe, a produtividade das plantas é regulada por fatores genéticos e por fatores ambientais, que quantitativamente exercem peso semelhante no rendimento final. Dentre os fatores ambientais, a nutrição adequada, garantida por um programa balanceado de adubação e de calagem, é responsável por um incremento de cerca de 20 a 25% no rendimento.

Com relação à agricultura de sequeiro, esperam-se maiores rendimentos em agricultura irrigada, tendo como consequência maior exportação de nutrientes. Como a disponibilidade dos nutrientes aumenta à medida que as condições de umidade do solo são mais favoráveis, a eficiência de absorção e utilização desses nutrientes é maior em agricultura irrigada. Essa relação é marcante para os elementos que se movem por difusão, como é o caso do fósforo (P), zinco (Zn) e do potássio (K). Assim sendo, espera-se que, em um mesmo solo, com a mesma adubação fosfatada e potássica, os rendimentos sejam bem maiores em sistemas irrigados do que em sistemas de agricultura de sequeiro.

É importante lembrar que, segundo a lei dos mínimos, de Liebig, um único elemento pode limitar a produtividade quando

aplicado aquém do necessário. Na maioria dos casos, a produtividade esperada serve como um dos balizamentos para recomendar a adubação de um determinada cultura. Portanto, este trabalho dará ênfase a algumas práticas culturais, visando a obtenção de altas produtividades, sem perder o enfoque de preservação do meio ambiente. Dentre essas práticas, destacam-se:

1. Calagem

Um programa de adubação e calagem deve começar com uma boa amostragem de solo para análise. Em sistemas irrigados, o uso intensivo da terra implica na extração rápida de nutrientes pelas plantas, exigindo um acompanhamento mais freqüente da evolução do índice de fertilidade do solo, através de análise química, para evitar sua possível acidificação, esgotamento e desbalanço de nutrientes. Para a agricultura de sequeiro, recomenda-se a análise do solo a cada 3 a 4 anos, enquanto que em sistema irrigado é recomendável o acompanhamento anual, analisando-se amostras coletadas a 0-20 e 20-40 cm de profundidade, que corresponde à zona explorada pelas raízes.

A correção da acidez do solo através da calagem é de fundamental importância para reduzir a toxidez de Al, fornecer cálcio e magnésio para as plantas e aumentar o pH do solo. A determinação da quantidade de calcário a ser usada deve ser estimada pelo método de saturação de bases, recomendando-se 60% de saturação para a cultura de milho irrigado. A quantidade de calcário é determinada usando-se a seguinte fórmula:

$$NC = CTC \times (V2-V1)/100 \times (100/PRNT)$$

Em que:

NC = quantidade de calcário (t/ha)

V1 = saturação de bases do solo (%)

V2 = saturação de bases a ser atingida com a calagem (%)

CTC = capacidade de troca de cátions a pH7,0 ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total (%)

$CTC = S + (Al + H) \text{ (cmol}_c \text{dm}^{-3})$

$S = Ca + Mg + K \text{ (cmol}_c \text{dm}^{-3})$

$V1 = S/CTC \times 100 \text{ (%)}$

Cuidado especial deve ser dispensado aos solos arenosos, que, em geral, apresentam baixos teores de bases trocáveis, matéria orgânica, capacidade de troca de cátions (CTC) e, como consequência, baixa capacidade tampão. Esses atributos conferem a esse tipo de solo fácil alteração no pH, mesmo com pequenas aplicações de calcário, por isso requer um manejo criterioso da calagem.

Excesso de calcário pode ocasionar uma série de distúrbios, como a perda de nutrientes por lixiviação. Esse é um fator de grande importância em agricultura irrigada, pois, além da perda de nutrientes, eles podem contaminar o lençol freático e, consequentemente, os mananciais. Outro efeito do excesso de calagem é a redução na solubilidade dos micronutrientes, exceto Mo, e pode também causar desbalanço de nutrientes, entre outros. A calagem nesses solos, além da correção da acidez, tem como objetivo a correção dos baixos teores de cálcio e de magnésio.

Resultados de estudos realizados no distrito agroindustrial da Jaíba, município de Manga, MG, em areia quartzosa distrófica, com o objetivo de verificar o efeito da calagem e da aplicação de magnésio nas características químicas do solo e no rendimento de milho e de feijão irrigados, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Alterações químicas no solo (0-20 cm) três anos após a aplicação de calcário, em areia quartzosa distrófica.

Calcário (Kg/ha)	PH	V (%)	Al (%)	Ca (cmol _c)	Mg (cmol _c)	M.O. (dag/kg)
0	4,8	43	17	1.17	0.14	0.74
500	5,3	50	7	1.51	0.24	0.65
1.000	5,6	60	1	1.81	0.25	0.60
2.000	6,1	67	0	2.40	0.23	0.54
1.000 anual	5,7	60	0	1.76	0.29	0.65

Fonte: França, G.E. 1988 (dados não publicados)

Como pode ser observado, com a aplicação de apenas 1.000 Kg/ha de calcário foi possível elevar o pH para 5,6 e a saturação de bases para 60%. A tendência da diminuição da matéria orgânica com o aumento da calagem é fator preocupante quando se maneja calcário em solos arenosos. Com um manejo adequado da irrigação, foi possível reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação, principalmente durante a estação seca. É importante ressaltar que a saturação de bases, de Ca, de Mg e de K (camada de 0 a 20 cm) com a aplicação de 1.000 kg de calcário/ha foi de 60, 78, 16 e 6%, respectivamente, valores considerados adequados para as culturas de milho e feijão.

2. Adubação de plantio

A adubação de plantio deve ser baseada na análise de fertilidade do solo, histórico de uso da área e na produtividade esperada. As tabelas de recomendação em uso se destinam basicamente à cultura do milho em condições de sequeiro, com expectativa de baixas produtividades. Entretanto, as necessidades nutricionais da planta são determinadas pela quantidade de nutrientes extraída durante o seu ciclo. Essa extração total dependerá do rendimento e da concentração de nutrientes nos grãos e na palha (Tabela 2). A extração de N, P e K aumenta linearmente com o aumento da produtividade e a exigência maior do milho é por N e K. Portanto, a recomendação de N, P_2O_5 e K_2O deve ser acrescida, visando atender essa maior extração e manter o nível de fertilidade do solo para as culturas subseqüentes, conforme apresentado na Tabela 3.

Em solos de textura arenosa, recomenda-se parcelar o potássio em duas aplicações: metade da dose no sulco, por ocasião do plantio, juntamente com o nitrogênio e o fósforo, e o restante junto com a primeira adubação em cobertura. Nesses solos, é recomendável o uso de formulações de adubo contendo os micronutrientes Zn, Fe, Mn, Cu, B e Mo. Em solos cultivados com milho, a ocorrência de deficiência de Zn é bastante frequente. A planta de milho é muito sensível à deficiência de Zn; por isso, recomenda-se a aplicação de 1 a 2 kg de Zn/ha, para preve-

nir possíveis deficiências e redução no rendimento. Em caso de ocorrência de sintoma de deficiência, recomenda-se fazer duas aplicações via foliar de solução de sulfato de zinco a 0,5%.

Tabela 2. Extração de nutrientes (kg/ha) para a cultura do milho destinada à produção de grãos, em diferentes níveis de produtividade, segundo Coelho e França (1995).

Produtividade (Kg/ha)	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	K (Kg/ha)
3.650	77	9	83
5.800	100	19	95
7.870	167	33	113
9.170	187	34	143
10.150	217	42	157

Tabela 3. Recomendações para adubação de plantio (kg/ha) na cultura do milho irrigado.

Teor de P ¹ no solo ² (Mg dm ⁻³)	N no plantio	P ₂ O ₅ no plantio	Teor de K no solo mg dm ⁻³ ²		
			Baixo	Médio	Alto
			0-45	46-80	> 80
Solo de textura argilosa					
Baixo (0-5)	10	120	80	60	40
Médio (6-10)	10	80	80	60	40
Alto (> 10)	10	60	80	60	40
Solo de textura média					
Baixo (0-10)	20	120	80	60	40
Médio (11-20)	20	80	80	60	40
Alto (> 20)	20	60	80	60	40
Solo de textura arenosa					
Baixo (0-20)	30	120	80	60	40
Médio (21-30)	30	80	80	60	40
Alto (> 30)	30	60	80	60	40

¹ e ² Classes de fertilidade para teores de fósforo (solo argiloso) e potássio no solo (método Mehlich) CFSEMG, 1989

3. Adubação nitrogenada em cobertura

O nitrogênio é absorvido pelas plantas na forma de nitrato e amônio, predominando no solo o nitrato, que, devido à sua mobilidade, está sujeito a perdas por lixiviação. Assim sendo, uma maior eficiência no uso dos fertilizantes nitrogenados pode ser conseguida através da aplicação parcelada, durante a fase vegetativa da cultura principalmente, em solos de textura média.

A quantidade de 10 a 30 kg ha⁻¹ de N (Tabela 3) é suficiente como adubação de plantio e o restante deve ser aplicado em cobertura, cujo parcelamento depende do tipo de solo e da demanda pela planta.

As recomendações atuais para a adubação nitrogenada em cultura de sequeiro variam de 30 a 60 kg de N/ha. Assumindo-se que são necessários em torno de 20 kg de N/ha para cada tonelada de grãos produzida e que a maioria dos solos brasileiros tem capacidade de suprir nitrogênio para a produção de 3 a 4 t de grãos/ha e considerando ainda uma eficiência de utilização de 60% para os fertilizantes nitrogenados, recomendam-se de 100 a 120 kg de N em cobertura, para uma previsão de produtividades de 7 a 8 t de grãos/ha (Resende et al., 1990a).

O parcelamento do nitrogênio na cultura do milho, aplicado após o desenvolvimento da oitava folha, não tem sido possível com a utilização de trator, devido à altura das plantas. Por isso, recomenda-se a aplicação de N via água de irrigação. O parcelamento de N, segundo Resende et al. (1990a), deve ser feito em função do tipo de solo e do número de folhas de milho totalmente desenvolvidas (Tabela 4).

Quando a adubação de plantio é feita com fórmulas concentradas, como 4-30-10, 8-28-16 ou similar, deve-se usar sulfato de amônio na primeira cobertura, para fornecer enxofre à cultura.

Não tem ocorrido diferença de produtividade de milho quando se aplica o N parcelado via água de irrigação ou diretamente no solo. A fertirrigação reduz muito os custos da aplicação parcelada de N. A aplicação de K em cobertura em solos arenosos também poderá ser feita via água de irrigação. É importante sali-

entar que a uniformidade de aplicação desses nutrientes via água depende diretamente da uniformidade de aplicação da irrigação.

Deve-se ter cuidado especial com o excesso de N, devido ao potencial de contaminação do lençol freático, principalmente por nitrato. Por isso, deve-se fazer uma avaliação da cultura por ocasião da aplicação das coberturas, para certificar se a produtividade esperada continua sendo a prevista na época do plantio, podendo, assim, corrigir para mais ou para menos o total de N a ser aplicado.

Tabela 4. Percentagem de nitrogênio a ser aplicada em cada parcelamento. (Resende et al., 1990a).

Solo	Número de folhas ¹			
	6	8	12	16
Argiloso	50	-	50	-
Arenoso	30	30	20	20

¹Número de folhas totalmente abertas, em que se consideram também as duas primeiras folhas da planta recém-germinada.

4. Cultivares

Existem no mercado de sementes de milho, cerca de 200 cultivares disponíveis para o cultivo, com grande variabilidade nas suas características agrônômicas e que são adaptadas às mais diversas condições edafoclimáticas e ao manejo a ser adotado (Cruz et al., 2000). Para condições irrigadas, deverão ser escolhidas cultivares mais responsivas a níveis tecnológicos mais elevados. Nessas condições, deve-se optar por híbridos que permitam ser semeados em densidades mais elevadas e em espaçamentos mais estreitos, condizentes com a atualidade agrícola, especialmente com os sistemas de rotação de cultivos. É muito importante verificar a adaptabilidade da cultivar à região, uma vez que as empresas de sementes direcionam alguns materiais desenvolvidos para regiões temperadas, que nem sempre se comportam bem nas regiões tropicais ou subtropicais. Especial atenção também deve ser dada aos milhos denominados especiais, como mi-

lho doce, pipoca e ao comum, consumido na forma de milho verde.

Em geral, os híbridos de milho apresentam um maior potencial de produção em relação às variedades, quando as condições de água, fertilidade de solo e controle de pragas, entre outros fatores, são otimizados. Portanto, deve-se escolher a cultivar mais indicada para a região específica. É importante salientar que a maioria dos híbridos disponíveis no mercado possuem potencial de produtividade bem superior às produtividades esperadas em condições irrigadas.

5. Controle de Pragas

As principais pragas da cultura do milho são a lagarta elasmó e a lagarta-do-cartucho. As perdas causadas pela primeira têm variado em função do nível populacional da praga, enquanto que os danos causados pela lagarta-do-cartucho atingiram até 18% da produção (Cruz & Oliveira, 1989).

O controle de pragas começa na época do plantio, através do tratamento de sementes com carbofuran ou thiodicarb, visando controlar a lagarta-elasmó (Cruz et al., 1983). Dependendo do híbrido utilizado, pode haver certa fitotoxidez (Cruz & Feldman, 1988). Um aspecto importante no manejo da lagarta-elasmó é a umidade do solo. Alta umidade no estágio inicial da cultura afeta negativamente as lagartas novas (recém-eclodidas), reduzindo o dano causado pelo inseto (All et al., 1979 e Viana, 1981).

O controle da lagarta-do-cartucho deve ser realizado no início de sua ocorrência, que pode ser observado através do aparecimento de áreas raspadas nas folhas de plantas ainda novas (20 a 30 dias após o plantio). Após esse controle, o novo aparecimento da praga se observa através da presença de fezes (tipo serragem) e furos nas folhas recém-abertas; nesse ponto, faz-se novo controle. Os inseticidas methomyl ou chlorpyrifos, aplicados através de pulverizadores costais ou tratorizados, são eficientes para o controle dessa praga (Waquil et al., 1982 e Cruz et al., 1983). Recentemente, vários inseticidas foram testados via água de irrigação por aspersão para o controle da lagarta-do-

cartucho e o chlorpyrifos mostrou uma eficiência de controle superior a 86%. Outras opções com menor eficiência foram os inseticidas methomyl, fenvalerate, carbaryl e diazinon, (Viana & Costa, 1989 e dados não publicados). Resultados promissores têm sido encontrados pela Embrapa Milho e Sorgo com a utilização de baculovírus no controle da lagarta-do-cartucho.

6. Densidade de Semeadura e Espaçamento entre linhas

A densidade de semeadura ideal é função da cultivar, disponibilidade hídrica e de nutrientes. Dessa forma, qualquer um destes fatores afetará também a densidade final das plantas. Com relação a cultivares, a densidade pode variar em função do porte, arquitetura, resistência genética ao acamamento e o destino da produção. Assim, cultivares de porte mais baixo, de arquitetura mais ereta e mais precoce permitem ser semeadas em densidades mais elevadas e em espaçamentos menores (Cruz et al., 2000). Cada aumento no número de plantas a partir da densidade ótima determinará decréscimos gradativos no rendimento de grãos, índice de espigas, tamanho de espigas, redução do diâmetro do colmo e, conseqüentemente, maior acamamento e quebramento. Dentre outras ocorrências, pode haver também aumento de doenças, especialmente podridões do colmo, principalmente nas condições irrigadas. Essas ocorrências podem, muitas vezes, inviabilizar colheitas mecânicas. A disponibilidade de água é um dos principais fatores para se estabelecer um aumento de densidade e, conseqüentemente, a produtividade, como mostra a Tabela 5. Nessas condições, vê-se que, a partir de 40.000 plantas/

Tabela 5. Rendimento de grãos de milho em diferentes densidades de plantas e disponibilidade de água (Mundstock 1977).

Densidades de plantas por hectare	Rendimento de grãos (Kg/ha)		
	Deficiência hídrica		
	Sem defic.	Média	Grande
20.000	3.920	2.830	730
40.000	6.740	3.050	320
60.000	6.910	2.930	180
80.000	6.880	2.900	150

ha, sem deficiência hídrica, houve um aumento significativo na produtividade.

Em relação ao espaçamento, está havendo uma tendência na redução do mesmo, especialmente pelos produtores que fazem rotação de culturas. As vantagens da utilização do espaçamento reduzido estão no aumento do rendimento de grãos em função de uma distribuição mais equidistante das plantas na área, que aumenta a eficiência de utilização da luz solar, água e nutrientes (Pasziewicz, 1996 e Francis, 1996), melhor controle das plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido das entrelinhas, o que diminui o período crítico das plantas daninhas e ainda contribui para a redução da erosão (Pendleton, 1965). Os espaçamentos mais usados atualmente estão sendo os de 80 e 70 cm entre linhas, com forte tendência de reduzir para 50 cm.

Tabela 6. Rendimento de grãos de milho, em Kg ha⁻¹, cultivar precoce, em função do espaçamento e da disponibilidade de água no solo.

Água	Espaçamentos (cm)		
	50	80	110
Baixa disponibilidade	1.200	1.200	1.300
Boa disponibilidade	6.430	6.120	5.900

Fonte: Lavoura arrozeira, N° 299.1977.

A Tabela 6 mostra a interação entre espaçamento e disponibilidade de água em relação a produtividade.

A produção final da cultura depende em parte da população inicial; por tanto, é muito importante que se observem alguns cuidados básicos, como a incorporação antecipada dos restos culturais, um bom preparo do solo, regulação da plantadeira e irrigar com uma lâmina de água suficiente para molhar pelo menos os primeiros 20 cm de solo.

Na região de Sete Lagoas e no norte do Estado de Minas Gerais, uma população final em torno de 60.000 plantas/ha, com espaçamento entre linhas de 0,90 m, tem apresentado melhores

produtividades (França et al., 1990). Para se conseguir essa população, recomenda-se utilizar de 7 a 8 sementes por metro de sulco.

Considerando a importância da população de plantas no rendimento final do milho e que a planta de milho tem baixa compensação para cobrir a falha da planta vizinha, são muito importantes alguns cuidados no plantio, como a regulação de distribuição e profundidade das sementes, tratamento das sementes, irrigação de plantio suficiente para alcançar as sementes e qualidade das sementes, entre outros. Quando se obtém uma baixa população inicial, não existem formas de reparo, necessitando plantar novamente, arcando com novos custos de fertilizantes, sementes e máquinas.

7. Controle de Plantas Daninhas

Em um sistema de produção com nível de tecnologia avançado, para a obtenção de altas produtividades, não se admitem quedas de produção devido à falta de controle de plantas daninhas.

Trabalho citado por Cruz e Ramalho (1985) mostra que, em culturas de milho sem nenhum controle de plantas daninhas, ocorrem perdas de 85,5% na produção; sem controle até 30 dias após o plantio, 30,3%; com controle somente até 30 dias, 37,2% e com controle até os 50 dias não houve redução de produção. Tais resultados evidenciam a importância de manter a cultura limpa, através de qualquer método de controle.

O controle químico de plantas daninhas na cultura do milho pode ser realizado com o uso de herbicidas de pré-plantio incorporado, pré-emergência, pós-emergência e pós-emergência dirigida. Consultas dos herbicidas registrados para a cultura do milho podem ser feitas através das Tabelas 7 e 8. Trabalhos realizados por Silva e Costa (1988), com a aplicação de herbicidas pré-emergentes na cultura do milho, via água de irrigação, apresentaram bons resultados, utilizando-se atrazine + simazine, atrazine + alachlor, atrazine + metolachlor ou atrazine + butylate.

Tabela 7. Alternativas de herbicidas pré-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho.

Nome Comum	Nome Comercial	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose	
			i.a. (kg/ha)	Comercial (kg ou L/ha)
Acetochlor ¹	Kadett CE	840	2,52 – 3,36	3,0 – 4,0
	Surpass	768	2,00 – 4,00	2,6 – 5,2
Alachlor ¹	Alachlor Nortox	480	2,4 – 3,36	5,0 – 7,0
	Alachlor Bayer	480	2,4 – 3,36	5,0 – 7,0
	Laço CE	480	2,4 – 3,36	5,0 – 7,0
Alachlor + atrazine ¹	Alachlor + Atrazina	240 + 250	2,94 – 3,92	6,0 – 8,0
	Nortox	300 + 180	3,36 – 4,32	7,0 – 9,0
	Boxer	260 + 260	3,12 – 4,16	6,0 – 8,0
	Agimix			
Atrazine	Atranex	500	2,0 – 2,5	4,0 – 5,0
	Atrazina Nortox	500	1,5 – 3,25	3,0 – 6,5
	Atrazinax	500	1,5 – 3,25	3,0 – 6,5
	Coyote	500	2,5 – 3,0	5,0 – 6,0
	Gesaprim	500	2,5 – 3,0	5,0 – 6,0
	Herbitrin	500	2,0 – 4,0	4,0 – 8,0
	Stauzina	500	2,0 – 3,0	4,0 – 6,0
	Siptran	800	1,6 – 3,2	2,0 – 4,0
	Gesaprim GRDA	880	2,2 – 3,08	2,5 – 3,5
atrazine + isoxaflutole ²	Alliance WG	830 + 34	1,245 + 0,051 1,660 + 0,068	1,5 2,0
atrazine + metolachlor	Primaiz SC	250 + 250	2,5 – 4,0	5,0 – 8,0
	Primestra SC	200 + 300	2,5 – 4,0	5,0 – 8,0
Atrazine + simazine	Extrazin SC	250 + 250	1,8 – 3,4	3,6 – 6,8
	Herbimix SC	250 + 250	3,0 – 3,5	6,0 – 7,0
	Primatop SC	250 + 250	1,75 – 3,25	3,5 – 6,5
	Triamex 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,0	3,5 – 6,0
	Controller 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,0	3,5 – 6,0
Cyanazine ³	Bladex 500	500	1,5 – 2,5	3,0 – 5,0
2,4-D	Aminol 806	670	1,7 – 2,3	2,5 – 3,5
	Capri	720	1,4 – 2,2	2,0 – 3,0
	Deferon	400	1,2 – 1,8	3,0 – 4,5
	DMA 806 BR	670	1,7 – 2,3	2,5 – 3,0
	Esteron 400 BR	400	1,2 – 1,8	3,0 – 4,5
	Herbi D-480	400	1,2 – 1,8	3,0 – 4,5
	Tento 867 CS	720	1,4 – 2,2	2,0 – 3,0
	U 46 D – Fluid 2,4-D	720	1,4 – 2,2	2,0 – 3,0
Dimethenamid	Zeta 900	900	1,125	1,25
Isoxaflutole ²	Provence 750 WG	750	60	80
Linuron	Linurex Agricur 500	500	0,6 – 2,0	1,2 – 4,0
	PM Afalon SC	450	0,72 – 1,49	1,6 – 3,3
Metolachlor ⁴	Dual 960 CE	960	2,40 – 2,88	2,5 – 3,0
Pendimethalin ⁵	Herbadox 500 CE	500	1,00 – 1,75	2,0 – 3,5
Simazine ⁵	Herbazin 500 BR	500	1,5 – 2,5	3,0 – 5,0
	Sipazina 800 PM	800	1,6 – 4,0	2,0 – 5,0
Simazine + cyanazine	Blazina SC	250 + 250	2,4 – 4,0	4,8 – 8,0
Trifluralin	Premierlin 600 CE	600	1,8 – 2,4	3,0 – 4,0
	Trifluralina Nortox 450 CE	450	1,35 – 2,25	3,0 – 5,0

¹ Utilizar a maior dose em solos com teor de matéria orgânica superior a 5%.

² Não aplicar em solos arenosos que recebam calagem pesada no intervalo de 90 dias, e em híbridos e variedades de milho branco, milho pipoca e linhagens.

³ Utilizar a maior dose em solos com teor de matéria orgânica superior a 4%.

⁴ Utilizar em solos com teor de matéria orgânica superior a 2% e baixa infestação de capim marmelada.

⁵ Utilizar a maior dose em solos com teor de matéria orgânica superior a 3%.

Tabela 8. Alternativas de herbicidas pós-emergentes para o controle de plantas daninhas na cultura do milho.

Nome Comum	Nome Comercial	Concentração (g/L ou g/kg)	Dose	
			i.a. (kg/ha)	Comercial (kg ou L/ha)
alachlor + atrazine	Agimix	260 + 260	3,12 – 4,16	6,0 – 8,0
ametryne ¹	Ametrina Agripec	500	1,5 – 2,0	3,0 – 4,0
	Gesapax 500	500	1,5 – 2,0	3,0 – 4,0
	Metrimex 500 SC	500	1,5 – 2,0	3,0 – 4,0
	Gesapax GRDA	785	1,57 – 1,96	2,0 – 2,5
amônio- glufosinato ²	Finale	200	0,3 – 0,4	1,5 – 2,0
atrazine + metolachlor ³	Primestra SC	200 + 300	3,0 – 4,0	6,0 – 8,0
atrazine + óleo vegetal ³	Posmil	400 + 300	2,0 – 2,8	5,0 – 7,0
	Primóleo	400 + 300	2,0 – 2,4	5,0 – 6,0
atrazine + simazine	Extrazin SC	250 + 250	1,8 – 3,4	3,6 – 6,8
	Herbimix SC	250 + 250	3,0 – 3,5	6,0 – 7,0
	Primatop SC	250 + 250	1,75 – 3,25	3,5 – 6,5
	Triamex 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,0	3,5 – 6,0
	Controller 500 SC	250 + 250	1,75 – 3,0	3,5 – 6,0
Bentazon	Basagran 600	600	0,72	1,2
	Banir 480	480	0,72 – 1,2	1,5 – 2,5
2,4-D ⁴	Aminol 806	670	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5
	Capri	720	0,7 – 0,9	1,0 – 1,3
	Deferon	400	0,2 – 0,4	0,6 – 0,9
	DMA 806 BR	670	0,3 – 1,0	0,5 – 1,5
	Esteron 400 BR	400	0,2 – 0,4	0,6 – 0,9
	Herbi D-480	400	0,2 – 0,4	0,6 – 0,9
	Tento 867 CS	720	0,7 – 0,9	1,0 – 1,3
	U 46 D – Fluid	720	0,7 – 0,9	1,0 – 1,3
	2,4-D	720	0,7 – 0,9	1,0 – 1,3
Glyphosate ²	Agrisato 480 CS	360	0,36 – 2,16	1,0 – 6,0
	Glifosato 480	360	0,36 – 2,16	1,0 – 6,0
	Agripec	360	0,72 – 1,80	2,0 – 5,0
	Glifosato Fersol	360	0,36 – 2,16	1,0 – 6,0
	Gliz 480 SaqC	360	0,18 – 2,16	0,5 – 6,0
	Round up	360	0,18 – 2,16	0,5 – 6,0
imazapic + imazapyr ⁵	Onduty	525 + 175	52,0 + 17,5	100
Nicosulfuron ⁶	Sanson 40 Sc	40	50 – 60	1,25 – 1,50
Paraquat ^{2,7}	Gramoxone 200	200	0,3 – 0,6	1,5 – 3,0
simazine + cyanazine ⁸	Blazina SC	250 + 250	2,4 – 4,0	4,8 – 8,0
Sulfosate ²	Zapp	480	0,48 – 2,88	1,0 – 6,0

¹Utilizar nas entrelinhas após o estágio de 50 cm de altura do milho. Adicionar adjuvante.

²Utilizar em pós-emergência dirigida ou no manejo de plantas daninhas em plantio direto.

³Aplicar quando as gramíneas estiverem no estágio de 3 folhas e as folhas largas, no estágio de 6 folhas.

⁴Aplicar com o milho com no máximo 4 folhas, antes da formação do cartucho.

⁵Somente recomendado para o sistema de produção CLEARFIELD, com os híbridos C909, C901 e C806

⁶Não utilizar em misturas com inseticidas organofosforados. Verificar susceptibilidade de cultivares.

⁷Aplicar nas entrelinhas quando o milho estiver com mais de 8 folhas.

⁸Utilizado para o controle de folhas largas com até 4 folhas. Pode ser aplicado até a 4ª folha do milho.

A aplicação de qualquer defensivo agrícola, seja ele inseticida, fungicida ou herbicida, deve ser acompanhada por um responsável técnico, levando-se em consideração o manuseio e a aplicação.

III - MANEJO DE IRRIGAÇÃO

A viabilidade da prática de irrigação está intrinsecamente relacionada com a utilização de um nível tecnológico avançado, para a obtenção de altas produtividades e redução dos danos ao meio ambiente, principalmente devido ao alto custo de investimento, manutenção e operação dos equipamentos de irrigação. Por isso, o produtor deve ser orientado para que possa obter o máximo de rendimento, dentro de uma filosofia de sistema de agricultura irrigada sustentável. Isso significa estabelecer o momento de se efetuar as irrigações e a lâmina de água a ser aplicada, com base no desenvolvimento da cultura, evitando-se, assim, a redução da produção e/ou danos ambientais, devido à falta ou ao excesso de água. As fases mais sensíveis à deficiência de água na cultura do milho, em ordem decrescente, são: florescimento, enchimento de grãos e desenvolvimento vegetativo.

O consumo de água em uma área cultivada pode ser três vezes maior no meio do ciclo do que na fase inicial. Por outro lado, dependendo da região, a evapotranspiração pode ser muito maior no verão do que no inverno. A combinação desses dois fatores poderá ocasionar erros acima de 600%, com relação ao total de água aplicado e intervalo das irrigações, se nenhuma estimativa for feita para essas determinações.

Vários métodos, descritos a seguir, podem ser utilizados para se estimar a lâmina de água a ser aplicada e o momento de se efetuar as irrigações.

1. Método do calendário de irrigações

O termo turno de rega é o termo utilizado na elaboração dos projetos de irrigação e representa o intervalo de irrigação e o total de água a ser aplicado em condições de máxima demanda atmosférica e máxima capacidade de armazenamento de água no

solo. Neste trabalho, o termo calendário de irrigações significa estimar as datas e as lâminas de água a serem aplicadas ao longo do ciclo da cultura, com base nas condições médias de clima de anos anteriores, dados do solo e da cultura.

Esse é o método mais simples de ser utilizado pelos produtores, uma vez que o calendário das irrigações pode ser elaborado antes mesmo do plantio, contendo datas e lâmina de água a ser aplicada, ou seja, o tempo de funcionamento do equipamento. A principal fonte de erro nesse método é que se considera a média histórica de dados climáticos como sendo semelhante às condições climáticas do período em que a lavoura estiver sendo conduzida.

Nesses métodos, o solo é considerado como sendo um reservatório de água, cuja capacidade depende da profundidade do sistema radicular e de suas características físico-hídricas. Considerando que a principal perda de água desse reservatório é devido à evaporação da água do solo mais a transpiração através das folhas da cultura, denominada de evapotranspiração da cultura (ETc), não é difícil visualizar que a data da próxima irrigação e o total a ser aplicado podem ser estimados conhecendo-se a taxa da ETc, a capacidade de armazenamento de água do solo e a eficiência do sistema de irrigação.

a) Cálculo da lâmina de água a se aplicada (mm)

Lâmina líquida (LL)

$$LL = (CC - PMP) \times Ne \times Z \times da \times 10$$

Sendo:

CC – Teor de umidade do solo na capacidade de campo
(g. água/g. solo)

PMP – Teor de umidade do solo no ponto de murcha permanente (g. água/g. solo)

Ne – Nível de esgotamento permissível (%)

Z - Profundidade do sistema radicular (cm) (Resende et al., 1990b)

da – Densidade aparente (g. solo /cm³solo)

Os valores de CC e PMP são determinados em laboratório.

Recomenda-se Ne = 0,6 para condições de ETo maior que 5mm/dia e 0,8 para situações onde a ETo for menor do que 3mm/dia (Resende et al., 1992 e 1992b).

Smith (1993) desenvolveu um programa de computador, chamado CROPWAT, que facilita em muito os cálculos por este método.

Tabela 9. Faixa de eficiência de aplicação de água, típica para diversos tipos de sistema de irrigação.

Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)	Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)	Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)
Superficial		Aspersão		Localizada	
Sulco c/tubo janelado e s/reuso	40-75	Lateral portátil	60-85	Gotejam.	65-90
Sulco c/tubo janelado e c/reuso	60-85	Sistema permanente	60-85	Mangueira porosa	60-85
Sulco c/tubo sifão	40-75	Pivô central	75-90	Micro aspersão	60-85
Faixa em declive	50-85	Rolão	60-80		
Bacia em nível	60-85	Auto propelido	55-75		
		Lateral móvel	70-90		

Fonte: Martín, et al. (1992)

Lâmina bruta (LB)

$$LB = LL/Ef$$

Em que: Ef – Eficiência de aplicação (%). (Tabela 9)

b) Predição de quando irrigar ou intervalo entre irrigações

Para se estimar as datas em que as irrigações deverão ser realizadas, há necessidade de se estimar o consumo diário de água da cultura, ou seja, a evapotranspiração da cultura (ET_c), e, para isso, é necessário estimar a evapotranspiração da cultura de referência (ET_o) e o coeficiente de cultura K_c para converter ET_o em ET_c.

$$\text{Intervalo} = LL/ET_c$$

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

Sendo:

ET_c – Evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1})

ET_o - Evapotranspiração da cultura de referência (mm.dia^{-1})

K_c – Coeficiente da cultura

Cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o) - A estimativa do valor da ET_c ao longo do ciclo da cultura e para as diferentes épocas do ano é feita através da determinação da evapotranspiração da cultura de referência (ET_o) e do coeficiente de cultura (K_c).

Os valores da ET_o podem ser encontrados em publicações existentes para diversas regiões (Scárdua et al., 1986; Aguiar et al., 1985; Cochrane e Neto, 1985; Matzenauer, 1984; Cauduro e Beltrame, 1983; Castro 1979; Hargreaves 1974; Sediyma 1973). A ET_o pode também ser estimada através de fórmulas empíricas ou dados de evaporação de água no tanque “Classe A”, obtidos de uma série histórica de dados climáticos da estação climatológica mais próxima, pela seguinte equação:

$$ET_o = E \times K_t$$

sendo:

E = evaporação de água do tanque “Classe A”, média de anos anteriores, para período em mm/dia

K_t = Coeficiente do tanque “Classe A” (Tabela 10)

Dentre as fórmulas empíricas, a de Penman – Monteith (Allen et al., 1998), é a mais recomendada, a qual, para o cálculo de ET_o , considera hipoteticamente como sendo uma cultura de 0,12 m de altura, tendo uma resistência na superfície de 70 s m^{-1} e um albedo de 0,23, lembrando, muito próximo de uma superfície de grama verde, altura uniforme, crescendo ativamente e bem umedecida.

A seguinte equação é utilizada no cálculo de ET_o :

$$ET_0 = - \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34U_2)}$$

Sendo:

- ET₀ Evapotranspiração da cultura de referência [mm dia⁻¹]
- R_n Radiação líquida na superfície da cultura [MJ m⁻²dia⁻¹]
- G Densidade do fluxo de calor no solo [MJ m⁻²dia⁻¹]
- T Temperatura média diária do ar a dois metros de altura [°C]
- U₂ Velocidade do vento a dois metros de altura
- e_s Pressão de vapor em condições de saturação [kPa]
- e_a Pressão de vapor do ar [kPa]
- e_s - e_a Déficit de pressão de vapor [kPa]
- Δ Declividade da curva de pressão de vapor [kPa]
- γ Constante psicrométrica [kPa °C⁻¹]

Os valores diários de ET₀ podem ser calculados utilizando-se planilha eletrônica e metodologia descrita no Boletim da FAO, Allen (1998).

A evapotranspiração da cultura do milho (ET_c) é menor do que a ET₀ no início do ciclo da planta e na fase de maturação. Na fase reprodutiva, a ET_c é geralmente maior do que a ET₀; por isso, é necessário o uso de um coeficiente de cultivo (K_c) para transformar a ET₀ em ET_c.

Cálculo do K_c - O primeiro passo na determinação do K_c é definir a duração das fases do ciclo da cultura do milho, afetadas principalmente pela cultivar e época do plantio, a saber:

Fase inicial – Vai do plantio até aproximadamente 10% de cobertura do solo pelas plantas.

Fase de desenvolvimento vegetativo - Vai da fase inicial até 70 a 80% de cobertura do solo pela cultura; o final dessa fase é considerado na completa cobertura do solo pela cultura.

Fase reprodutiva - Desde a completa cobertura vegetativa do solo ao início da maturação.

Fase da maturação - Do início da maturação até a maturação completa. A Figura 1 apresenta de forma esquemática a variação dos valores de K_c ao longo do ciclo da cultura do milho. Para se

obter essa figura, primeiro marcam-se no eixo X o início e o final de cada fase de desenvolvimento, em seguida obtêm-se os valores de "a" na Tabela 11 e b na Tabela 12, que são constantes durante essas duas fases. Os valores de Kc para a fase de desenvolvimento vegetativo aumentam linearmente com o tempo, do valor de Kc da fase inicial (a) ao valor da fase reprodutiva (b). Os valores de Kc da fase de maturação decrescem linearmente com o tempo, entre o valor da fase reprodutiva (b) e o valor do final da fase de maturação (c), encontrado na Tabela 12 .

A Tabela 11 apresenta os valores do Kc para a cultura do milho na fase inicial (a), em função da ETo e do intervalo das irrigações previsto nessa fase.

Tabela 10. Coeficiente Kt para o tanque Casse A, para estimativa da ETo (Doorenbos e Pruitt 1976).

UR %(média)	Exposição A				Exposição B			
	Tanque circundado por grama				Tanque circundado por solo nu			
		Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%		Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%
Vento (m.s ⁻¹)	Posição do tanque R (m) *				Posição do tanque R (m) *			
Leve < 2	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 2 - 5	0	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 5 - 8	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito Forte > 8	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

OBS.: Para extensas áreas de solo nu, reduzir os valores de Kt de 20% em condições de alta temperatura e vento forte, e de 5 a 10% em condições de moderada temperatura, vento e umidade.

*R é a menor distância (m) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

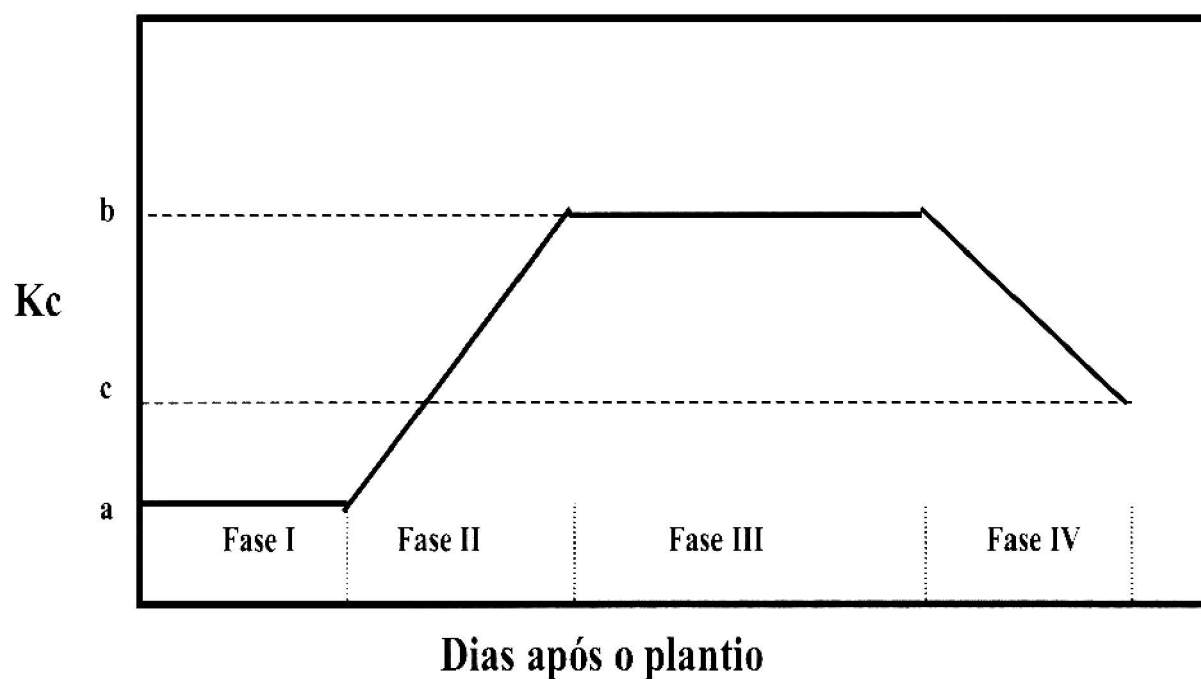


Figura 1. Valores de K_c para a cultura do milho, do plantio à maturação completa.

Tabela 11. Valores de K_c para o milho na fase inicial.

ET _o Mm/dia	Frequência de irrigação (dias)				
	2	4	7	10	20
2	1,00	0,85	0,50	0,46	0,37
4	0,90	0,72	0,45	0,37	0,24
6	0,84	0,60	0,41	0,28	0,19
8	0,80	0,54	0,35	0,22	0,15

Fonte: Doorenbos & Pruitt (1976).

Tabela 12. Valores de Kc para as fases reprodutiva e de maturação.

Fases	Umidade:	U.R.min. > 70%		U.R. min. < 20%	
	Vento(m/s):	0 - 5	5 - 8	0 - 5	5 - 8
Reprodutiva		1,05	1,10	1,15	1,20
Maturação		0,55	0,55	0,60	0,60

Fonte: Doorenbos e Pruitt (1976).

2. Método do balanço de água no solo

O manejo de irrigação pelo método do balanço de água em uma área cultivada é feito à semelhança do balanço de uma conta bancária, em que os depósitos são feitos através da irrigação ou chuva e as retiradas através da evapotranspiração da cultura (ETc), estimada diariamente. É importante conhecer o momento em que o saldo de água chega a zero, para que nova irrigação possa ser feita.

Como no método do calendário de irrigações, de posse dos dados de clima, solo e cultura, é possível estimar diariamente o total de água armazenada no solo, até o momento da próxima irrigação e a lâmina de água a ser aplicada. Com o desenvolvimento do uso de computadores, esse método vem sendo utilizado em muitos países com grande sucesso, através de informações por agências do governo para os irrigantes, via os meios de comunicação. Pode-se iniciar o balanço de água com o teor de umidade do solo na capacidade de campo, através de irrigação ou chuva, ou então determinar a quantidade de água antes da primeira irrigação. Os valores diários da ETc são subtraídos da água disponível, até que esta alcance o valor correspondente ao nível de esgotamento pré-estabelecido; nesse momento se processa a irrigação, cuja lâmina visa suprir o total de ETc acumulado desde a última irrigação mais perdas.

Os cálculos da lâmina líquida, lâmina bruta e intervalo das irrigações podem ser dados por:

$$LL = (CC - U) \times da \times Z \times 10$$

Sendo: U - Teor de umidade no solo em que as irrigações devem ser feitas (g. água/g. solo)

Outros termos foram definidos no método anterior.

Nesse método, as irrigações são realizadas toda vez que a água contida no solo chegar ao nível pré-estabelecido (U) ou quando a LL for igual ao total evapotranspirado desde a última irrigação, ou seja, quando:

$$LL = \sum ETo \times Kc$$

E a lâmina a ser aplicada é dada por:

$$LB = LL/Ef$$

Esse método de manejo facilita em muito o acompanhamento de várias propriedades irrigadas sob condições climáticas semelhantes, como em perímetros irrigados, cooperativas de irrigantes, etc. Nesses casos, o uso da informatização vem se tornando a cada dia mais importante. Para isso, basta armazenar os dados de cada propriedade, relativos ao solo, à cultura e ao sistema de irrigação, ficando, portanto, dependendo apenas da coleta diária dos dados climáticos comuns a todas propriedades para o cálculo das ETc. Um sistema de comunicação pré-estabelecido informa ao produtor que chegou o momento da irrigação.

3. Uso de equipamentos

O manejo de irrigação pode ser feito através do uso de equipamentos para medição do teor de umidade do solo, estado hídrico da planta, bem como estimativa da evapotranspiração. Vários equipamentos vêm sendo desenvolvidos, desde a década de quarenta, para determinar o momento da irrigação, baseado em dados do solo, destacando-se, entre eles: o bloco de gesso, o tensiômetro, a TDR e a sonda de nêutrons.

O bloco de gesso mede de forma indireta, através de resistência elétrica, o teor de umidade do solo ou tensão de água no solo, sendo, para isso, necessária uma calibração das leituras versus os teores de umidade ou tensões de água no solo. Embora seja um equipamento de boa precisão e custo não muito elevado, seu emprego tem sido restrito nas condições do produtor, mesmo em países onde a agricultura irrigada é mais desenvolvida. Um dos principais problemas é a representatividade de suas leituras em relação à área total irrigada, principalmente devido à

variabilidade do solo e dos blocos.

O tensiômetro é um equipamento que vem sendo usado com mais freqüência do que o bloco de gesso e recomendado por vários autores (Azevedo, 1988; Guerra et al., 1992; Guerra, 1995; Azevedo e Miranda, 1996). Contudo, apresenta algumas limitações, como representatividade de área e limitação de escala de uso. Adapta-se a solos onde a maior parte da água disponível está retida a tensões superiores a -80 KPa. A manutenção dos tensiômetros durante o funcionamento também constitui um dos problemas para seu uso, principalmente os de mercúrio.

A sonda de nêutrons é um aparelho que serve para determinar o teor de umidade do solo. Embora seja de boa precisão, devido ao seu alto custo e à sua não fabricação no País, seu uso tem sido restrito a instituições de pesquisa.

Além dos aparelhos para medição das condições de umidade do solo, pode-se estimar o momento da irrigação através das condições da planta; nesse caso, o termômetro infravermelho tem grande perspectiva de uso generalizado em futuro próximo. Esse equipamento baseia-se na diferença entre a temperatura do ar e da folha. Uma das limitações para o uso desse termômetro é a falta de dados de pesquisa para estipular os valores de diferença de temperatura em que uma determinada cultura deve ser irrigada. A falta desse equipamento no mercado e seu elevado custo também limitam seu uso.

O tanque Classe A também pode ser usado tanto para determinar o quando e quanto irrigar.

Desses equipamentos, recomendam-se:

a)- Tensiômetro

O tensiômetro mede o componente matricial do potencial de água no solo (Figura 2). Esse valor pode ser expresso nas seguintes unidades: centibar (cbar), atmosfera (atm), quilopascal (kPa), metro ou centímetro de coluna d'água. O tensiômetro tem uma grande limitação, por causa de sua estreita faixa de leitura (0 a -80 cbar ou kPa) comparada com os valores dos limites superior (-10 kPa) e inferior (-1500 kPa) do potencial da água disponível no solo.

Apesar da estreita faixa do potencial que é coberta pelo tensiômetro, esse equipamento cobre a faixa de interesse do manejo de irrigação para a maioria dos solos agrícolas brasileiros (de -10 a -80 kPa). De qualquer modo, sua utilização seria mais recomendável para manejo de irrigação em hortaliças, em sistemas de irrigação localizada com altas frequências e, possivelmente, em áreas irrigadas com pivô central e aspersão convencional.

Constitui um equipamento de fácil operacionalização e de baixo custo, podendo ser utilizado para prever o momento e a lâmina das irrigações. Normalmente, utiliza-se o tensiômetro para indicar o momento de irrigar a uma tensão pré-determinada de água no solo e a lâmina de água a ser aplicada em função das características do solo e do sistema radicular, ou seja:

$$LB = (CC - U) \times Da \times Z \times 10/Ef$$

Sendo: U - Umidade do solo correspondente ao potencial a que se deseja irrigar (Tabela 13).

- Demais termos definidos anteriormente

O momento de irrigar é definido pela leitura da tensão da água no solo medida diretamente pelo tensiômetro (Tabela 13).

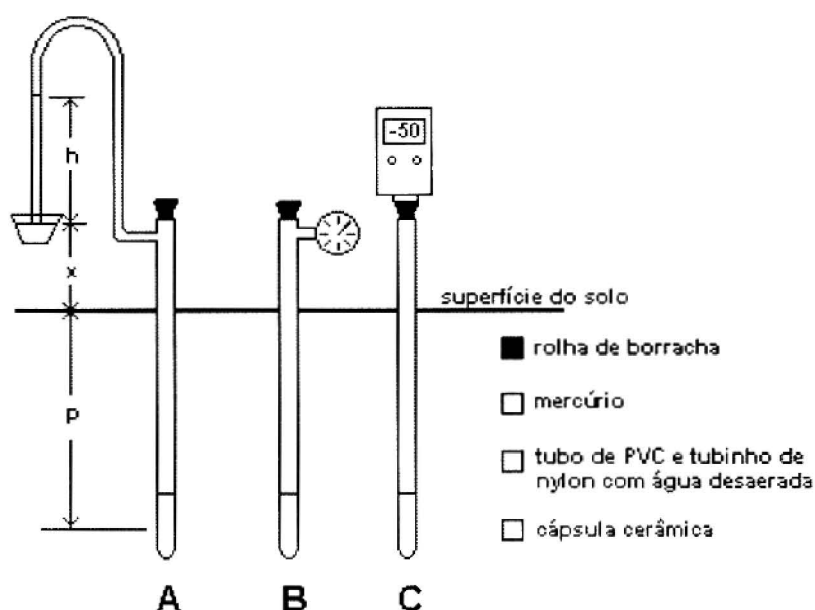


Figura 2. Tipos mais comuns de tensiômetros: de coluna de mercúrio (A), com vacuômetro (B) e com transdutor de pressão ou tensímetro (C).

Outra forma de se manejar as irrigações é através da instalação de tensiômetros a várias profundidades, na região do sistema radicular. Para o milho, pode-se instalar a 10, 20, 30, 40 e 60 cm de profundidade. Utiliza-se o de 10 cm para indicar o momento de se irrigar no início do ciclo da cultura (30 dias) e o de 20 cm após esse período.

A lâmina de água a ser aplicada é calculada com base na medição das tensões feitas pelos tensiômetros instalados a várias profundidades, transformadas em teores de umidade no solo pela curva característica de retenção de água do solo. Com os valores do teor de umidade de cada camada, subtraídos do teor de umidade na capacidade de campo, multiplicado pela densidade aparente do solo e pela profundidade da camada, obtém-se a lâmina de água necessária para elevar o teor atual de umidade do solo até o valor da capacidade de campo, em cada uma das camadas. A lâmina bruta de água a ser aplicada corresponde à somatória das lâminas de cada camada dividida pela eficiência de irrigação.

b)- Tanque Classe A

Pelo método do Tanque Classe A (Figura 3), as irrigações são realizadas toda vez que a água contida no solo, for consumida pela cultura, até um nível pré-definido, ou seja, quando a lâmina líquida armazenada no solo (LL) for igual ao total evapotranspirado pela cultura desde a última irrigação, isto é:

$$LL = (CC - U)_{da} \times Z \times 10$$

Sendo:

U - Nível de umidade no solo em que as irrigações devem ser feitas (g. água/g. solo).

- Demais termos definidos anteriormente

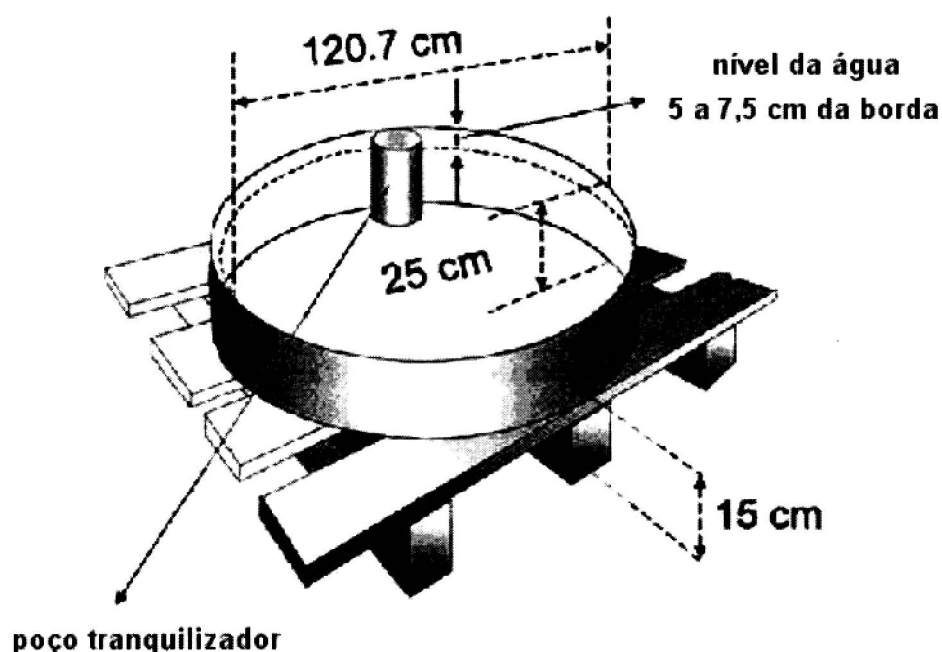
$$LL = \sum E \times K_t \times K_c$$

$$LB = LL/E_f$$

Sendo:

E - Evaporação do Tanque Classe A (mm)

- Demais termos definidos anteriormente



c)- Tensiômetro e Tanque Classe A

O tensiômetro, associado ao Tanque Classe A, permite estimar o momento de efetuar as irrigações, bem como a lâmina de água a se aplicar, através de medições diretas no local da cultura.

Utiliza-se o tensiômetro para indicar o momento de irrigar a uma tensão pré-determinada de água no solo, conforme descrito no item a ou seja:

Momento de irrigar = Leitura no tensiômetro (Tabela 13).

Quando a tensão de água no solo atinge a tensão pré-estabelecida e indicada pelo tensiômetro, a lâmina de água a ser aplicada corresponde à somatória da ETc desde a última irrigação, pela eficiência.

$$LL = \sum (E \times K_t \times K_c) / E_f$$

Observa-se que, nesse método, tanto a LL como a tensão de água no solo foram medidas na condição da lavoura.

4. Irrigação de plantio

Para garantir uma boa germinação, a irrigação de plantio tem que ser suficiente para umedecer o solo até à profundidade da semente. O uso de irrigação por pivô central, em que geralmente se aplicam pequenas lâminas de água, associada à sua distribuição irregular e à profundidade também irregular das sementes, poderá causar queda na germinação. Por isso, as irrigações de plantio devem ser suficientes para elevar a umidade do

Tabela 13. Indicações de tensões de água no solo para início das irrigações de algumas culturas anuais.

Cultura	Profundidade (cm)	Tensão (kPa)	Referência
Arroz	15	25	Embrapa SPI (1992)
Cevada	30	80	Guerra (1994)
	30 ou 15	60 ou 500	Filgueira et al. (1996)
Feijão	10	50	Bernardo et al. (1970)
	10	70 a 100	Figueiredo et al. (1997)
	15	60	Azevedo & Caixeta (1986)
	15	60	Libardi & Saad (1994)
	10	50	Azevedo & Miranda (1996)
	10	40	Figuerêdo et al. (1997)
Milho	10	40	Guerra et al. (1997b)
	10	33 - 50	Antonine et al. (1997)
	20	70 ¹	Resende et al. (1992a e 1992b)
	20	200 ²	Resende et al. (1992b)
	20	40 ³	Resende et al. (1992a)
Soja	15 - 30 ¹	37 - 63	Saad & Libardi (1992)
	10	70	Guerra et al. (1997a)
Trigo	10	60	Silva et al. (1993)
			Guerra et al. (1994)
	10 - 20 ¹	32 - 97	Saad & Libardi (1992)

¹Primeiro valor para os estádios iniciais e o segundo, para fases posteriores.

²Valores para cultura de verão na região Sudeste e de inverno na região do Semi-árido.

³Valor para cultura de inverno na região Sudeste.

³Valor para cultura de verão na região do Semi-árido.

solo à capacidade de campo nos primeiros 15 a 20 cm de profundidade.

Albuquerque et al. (1992a e 1992b) mostram a importância da irrigação de plantio para se obter uma boa germinação do milho, principalmente em solos com possibilidade de formação de crosta. No caso de solos bem estruturados e com baixo teor de silte, que não apresentam formação de crosta devido à aplicação de água, faz-se uma irrigação logo após o plantio, para umedecer de 15 a 20 cm de profundidade, e irrigações posteriores, seguindo as estratégias de manejo descritas anteriormente. Em solos com alto teor de silte e tendência de formação de crosta, faz-se uma irrigação logo após o plantio, para umedecer de 15 a 20 cm e, posteriormente, fazem-se irrigações diárias, para repor a evaporação do solo mais perdas, visando manter a superfície do solo úmida. Em solos aluviais, com alto teor de argila e sujeito à formação de crosta espessa, deve-se irrigar dois a três dias antes do plantio e fazer irrigações diárias após o plantio, para repor as perdas por evaporação do solo.

IV - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, D.J.; KRUKER, J.M.; CALHEIROS, R.O.; SILVA, A.S. da. **Determinação da evapotranspiração potencial e balanço hídrico-climático da região da grande Dourados, MS.** Dourados: EMBRAPA-UEPAE/Dourados, 1985. 35p. (EMBRAPA-UEPAE/Dourados. Documentos, 16).
- ALBUQUERQUE, P.E.P.; RESENDE, M.; SANTOS, N.C. Efeito do manejo da irrigação por aspersão na germinação do milho - I. Em dois Latossolos. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., Porto Alegre, RS. **Resumos...** Porto Alegre: SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS/CNPMS-EMBRAPA/CIENTEC, 1992a. p.145.

- ALBUQUERQUE, P.E.P.; RESENDE, M.; SANTOS, N.C. Efeito do manejo da irrigação por aspersão na germinação do milho - II Num solo aluvial. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., Porto Alegre, RS. **Resumos...** Porto Alegre: SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS/CNPMS-EMBRAPA/CIENTEC, 1992b. p.146.
- ALL, J.N.; GALIAHER, R.N.; JELIUM, M.D. Influence of planting date, preplanting, weed control, irrigation, and conservation tillage practices on efficacy of planting time insecticide applications for control of lesser cornstalk borer in field corn. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.72, p.265, 1979.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and drainage paper, 56).
- ANTONINI, J.C.; GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; RODRIGUES, G.C. Efeito da tensão de água no solo e da densidade de plantas sobre a produtividade do milho. **Relatório Técnico Anual Embrapa-CPAC 1991/1995**, Planaltina, p. 100-102, 1997.
- ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern: International Potash Institute, 1975. 452p.
- AZEVEDO, J.A. **Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*triticum aestivum* L.) irrigado em solo de Cerrado: efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 157p. Tese Doutorado.
- AZEVEDO, J.A.; CAIXETA, T.J. **Irrigação do feijoeiro**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1986. 60p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 23).
- AZEVEDO, J.A.; MIRANDA, L.N. Produtividade do feijão em resposta à adubação fosfatada em regime de irrigação em solo de cerrado, In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus, AM. **Resumos expandidos**. Manaus: SBSCS/UA/EMBRAPA-CPAA/INPA, 1996. p.12-13..

- BERNARDO, S; GALVÃO, J.D.; GUERINE, H.; J.B. de. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro. **Seiva**, Viçosa, v.30, n.71, p.7-13, 1970.
- CASTRO, P.T. de. **Evapotranspiração atual e potencial de uma cultura de milho** (*Zea mays* L). Piracicaba, ESALQ, 1979. 61p. Tese Mestrado.
- CAUDURO, F. A. BELTRAME, L. F. Evapotranspiração média decimal para as regiões fisiográficas Missões, Alto Uruguai e Planalto Médio do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. PROVARSEAS/PROFIR, 1983
- COCHRANE, T.T.; NETTO, J.S.N. **Deficiência da precipitação e a evapotranspiração potencial do Brasil**. Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1985. 95p. (EMBRAPA-CPAC.Documentos, 12).
- COELHO, A. M; FRANÇA, G. E. Seja o doutor de seu milho: nutrição e adubação. Arquivo do Agrônomo nº 2, Potafos, Piracicaba. 1995. P. 1-9.
- CRUZ, I. & FELDMAN, R.O. Sensibilidade de diferentes genótipos de milho ao tratamento com inseticidas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17, Piracicaba, SP, 1988. Resumo. Piracicaba, ESALQ, 1988. p.64.
- CRUZ, I.; OLIVEIRA, L.J. Danos de *spodoptera frugiperda* em milho cultivado em solos com diferentes teores de alumínio. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12., ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS,2., 1989, Belo Horizonte,MG. **Resumos...** Belo Horizonte: SEB, 1989. p.433.
- CRUZ, I.; SANTOS,J.P.; OLIVEIRA,L.J. competição de inseticidas visando o controle químico de *spodoptera frugiperda* em milho (J:E. Smith, 1977). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, Jaboticabal, v.12, n.2, p.235-242, 1983.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A .; GAMA, G. E.E.; PEREIRA, F. T. F.; CORRÊA, L. A. O Milho que o Brasil Planta. Cultivar. nº 19 p.42-46. ago. 2000.

- CRUZ, J.C.; RAMALHO, M.A.P. Tração animal no controle de plantas daninhas na cultura do milho. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (Sete Lagoas, MG). **Mecanização na cultura do milho utilizando tração animal**. Sete Lagoas, 1985. p.17-28 (EMBRAPA-CNPMS.Circular Técnica, 9)
- CRUZ, L; OUEIRA, L.J. & SANTOS, J. P. Efeito de diversos inseticidas no controle da lagarta Elasmio em milho. *Pesq. agrop. Bras.* 18: (12)1293-1301, 1983.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. **Crop water requirements**. Roma: FAO, 1976. 194p.
- EMBRAPA. Serviço de Produção de Informação (Brasília, DF). **Recomendações técnicas para o cultivo do arroz em regiões favorecidas; zonas 31, 36, 40, 64, 83 e 89**. Brasília, 1992. 123p. EMBRAPA/CIENTEC, 1992. p.143.
- FIGUERÊDO, S.F.; GUERRA, A.F.; SILVA, D.B.; ANTONINI, J.C. dos. ; RODRIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para a cultura do feijão. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA-CPAC 1991/1995**, Planaltina , p. 95-97, 1997.
- FILGUEIRA, H.J.A.; GUERRA, A.F.; RAMOS, M.M. Parâmetros de manejo de irrigação e adubação nitrogenada para o cultivo de cevada cervejeira no cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.63-70, 1996.
- FRANÇA, G.E; RESENDE, M; ALVES,V.M.C.; ALBUQUERQUE, P.E.P. Comportamento de cultivares de milho sob irrigação com diferentes densidades de plantio e doses de N. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 18., 1990, Vitória, ES. **Resumos...** Vitoria: EMCAPA, 1990. p.106.
- FRANCIS, F; KINIRYU, R. BOARD, J.E.; WESTGATE, M.E. and REICOSKY, D.C. Row Apacing effects on light extinction cooficients of corn, sorghum, soybean, and sunflower. **Agronomy Journal**. 8:185-190.1996.

- GUERRA, A.F. Manejo de irrigação da cevada sob condições de cerrado visando o potencial de produção. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.29, n.7, p.1111 – 1118, 1994.
- GUERRA, A.F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.30, n.4, p.515-521, 1995.
- GUERRA, A.F.; ANTONINI, J.C. Irrigação suplementar para a cultura da soja. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA-CPAC 1991/1995**, Planaltina, p.99-100, 1997a.
- GUERRA, A.F.; ANTONINI, J.C.; SILVA, D.B.; RODIGUES, G.C. Manejo de irrigação e fertilização nitrogenada para cultura do milho. **Relatório Técnico Anual EMBRAPA-CPAC 1991/1995**, Planaltina, p.97-98, 1997b.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Manejo de irrigação do trigo com base na tensão de água em latossolos da região dos cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal, RN. **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. p.493-510.
- GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Tensão de água no solo: um critério viável para irrigação do trigo na região do cerrado. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.631-636, 1994.
- HARGREAVES, G.H. Potencial evapotranspiration and irrigation requirements for Northeast of Brasil. 5.1, Utha State University, 1974. 55p.
- LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico em cultura de feijão irrigada por pivô central em latossolo roxo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, n.3, p.529-532, 1994.
- MARTIN, D.L; STEGMAN, E.C.; FERERES, E. Irrigation scheduling principles. In: HOFFMAN, G.J. **Management of Farm Irrigation Systems**. St. Joseph: ASAE, 1992. p.155-206
- MATZENAUER, R. Estimativa da evapotranspiração do milho através de parâmetros meteorológicos. **Agron. Sulriog.**, 20(1): 133-144, 1984

- MUNDSTOCK, C.M. Densidade de semeadura e fertilidade do solo. In: **Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, RS) Densidade de Semeadura de milho para o Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS/ascar, 1977. P. 17-20.
- PASZKIEWICZ, S. Narrow row spacing influence on corn yield. In: ANNUAL CORN AND SORGHUM RESEARCH CONFERENCE, LI, Chicago , 1996. **Proceedings**. Chicago , IL, 1996.p. 130-138.
- PENDLETON, J.W. Cultural practices spacing, Etc. in Proc. **Annual Corn and Sorghum Research Conf**. 20: 51-58. 1965.
- RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C.; COELHO, A.M.; SANTOS, N.C.; LEITE, C.E.P. Momento de irrigar a cultura do milho de inverno no Norte do Estado de Minas Gerais.In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992a, Porto Alegre, RS. **Resumos...** Porto Alegre: SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS/CNPMS-
- RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; ALVES, V.M.C. Estimativa do desenvolvimento radicular do milho irrigado em dois tipos de solo.In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO 18., 1990, Vitória, ES. **Resumos...** Vitoria: EMCAPA, 1990b. p.133.
- RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; ALVES, V.M.C. Momento de irrigar a cultura do milho de inverno na Região Sudeste. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992., Porto Alegre, RS. **Resumos...** Porto Alegre: SSA/SCT/ABMS/EMATER-RS/CNPMS-EMBRAPA/CIENTEC, 1992b. p.144.
- RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.; ALVES, V.M.C. **Considerações técnicas sobre a cultura do milho irrigado**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1990a. 24p. (EMBRAPA-CNPMS.Documentos,7).
- SAAD, A.M.; LIBARDI, P.L. **Uso prático do tensiômetro para o irrigante**. São Paulo: IPT, 1992. 27p. (IPT.Comunicação Técnica).

- SCARDUA, J.A.; FEITOSA, L.R.; CASTRO, L.L.F. **Estimativa da evapotranspiração potencial para o Estado do Espírito Santo**. Vitória:EMCAPA, 1986. 44p. (EMCAPA.Circular Técnica, 6).
- SEDIYAMA,G.C.; BERNARDO, S.; RESENDE, M.; WOLE, D.F. Estudo de métodos para estimativa da evapotranspiração potencial em Viçosa. *Experientiae*, Viçosa, v.16, n.4, p.61-79, 1973.
- SILVA, D.B.; ANDRADE, J.M.V.; GUERRA, A.F. **Informações básicas para cultivo do trigo irrigado na região do Brasil Central**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1993. 31p (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 29).
- SILVA, J.B. da ; COSTA E.F. da. Herbificação aplicação de herbicidas na cultura do milho via irrigação por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 17., 1988, Piracicaba, SP. **Resumos...** Piracicaba: SBHED, 1988. p.265-267.
- SMITH, M. **CROPWAT**- Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Roma: FAO, 1993. 134p. (Paper, 46)
- VIANA, P.A. & COSTA, E.F. Controle da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda* (lepidoptera:Noctuidae) em milho, com inseticidas aplicados via irrigação por aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12, Belo Horizonte, 1989. Resumos Belo Horizonte, EMBRAPA-CNPMS, 1989. p. 295.
- VIANA, P.A. Effect of soil moisture, substrate calor and smoke on the population dynamics and behavior of the lesser stalkborer, *Elasmopalpus lignosellus*, Zeller 1848 (Lepidoptera: Pyralidae). W. Lafayette, IN, USA, Purdue University, 1981 120p. (Tese Mestrado)
- WAQUI, J.M.; VIANA, P.A.; LORDELLO, A.I.; CRUZ, I. & OLIVEIRA, A.C. Controle da lagarta do cartucho em milho com inseticidas químico e biológicos. *Pesq. Agropec. bras.*, Brasília 17(2):163 - 6, 1982.

